

サッカード前中後にわたって提示される連続点滅光点刺激の知覚と眼球運動との時間関係

渡邊 淳司[†] 前田 太郎^{††} 館 暲[†]

Time Course of Localization for a Repeatedly Flashing Stimulus Presented at Perisaccadic Timing

Junji WATANABE[†], Taro MAEDA^{††}, and Susumu TACHI[†]

あらまし サッカード中に光点を連続点滅させると、Phantom Array (PA) と呼ばれる点線が知覚される。また、光点を縦1列に並べ、サッカード中に点滅パターンを高速で時間変化させると、点滅パターンが眼球運動により空間パターンに展開されて2次元イメージが知覚される。筆者らはこの現象を利用した視覚情報提示手法を提案してきた。この手法に基づいて情報提示を行う際に重要となるのが、知覚されるPAと眼球運動との時間関係である。そこで、本論文ではサッカード前中後を通して連続点滅する光点刺激の知覚と眼球運動との時間関係を、光点刺激を垂直方向に光らせ、光点知覚位置の時間変化を垂直方向の位置に置き換えることによって調べた。その結果、知覚された光点軌跡はサッカード開始とともにサッカードと逆方向に曲がり始め、サッカード終了とともに垂直方向に戻るものであり、相殺説から予測される光点軌跡とは異なるものであった。

キーワード サッカード、ディスプレイ、空間定位誤り、相殺説、Phantom Array

1. ま え が き

これまで2次元的な広がりをもった視覚情報提示手法においては、CRTディスプレイに代表される走査線方式、すなわち光点を高速に移動させることによって情報提示を行う手法が多く取り入れられており、図1左のように、移動を物理的に行い、1列の光点列によって2次元情報の提示を行うデバイスも存在する。一方で、1列の光点列を固定し、観察者がサッカードを行っている間に点滅パターンを高速で時間変化させると、点滅パターンが眼球運動により空間パターンに展開されて2次元イメージが知覚される。このように光点列自体を移動させるのではなく、眼球運動を利用して図1右のように少ない空間、エネルギーで効率的に情報提示を行うことも可能である。これまで筆者らはこ

の原理を利用した視覚情報提示手法 (Saccade-based Display, 以下SD) を提案してきた [1].

SDの設計を行うにあたって、サッカード中は固視を行っているときと知覚特性が異なるため、サッカード中の知覚特性に基づいて設計論を構成する必要がある。これまで、サッカード中に1点を連続点滅させ、主観的な報告によって光点の移動方向を決定し、光点の知覚位置と眼球運動との時間関係について調べた報告は存在するが [2], 光点の移動方向の主観的知覚は、個人差もあり、観察者の注意等、統制が困難な条件に

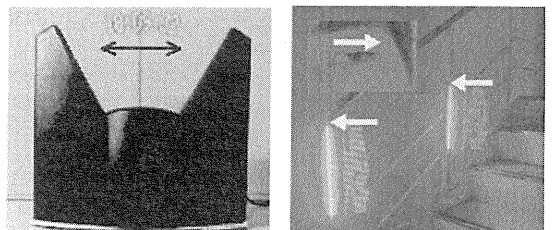


図1 光点列移動による情報提示デバイス (左) ISM社 Fantazeinと眼球運動を利用した情報提示 (右)

Fig. 1 Information display device based on moving light array and based on eye movement.

[†] 東京大学大学院情報理工学系研究科, 東京都
Graduate School of Information Science and Technology,
The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo,
113-8656 Japan

^{††} 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所,
厚木市
NTT Communication Science Laboratories, NTT Corpora-
tion, 3-1 Morinosato-Wakamiya, Atsugi-shi, 243-0198 Japan

よっても変化する可能性がある [3]. そこで本論文では, 光点刺激を垂直方向に光らせ, 光点知覚位置の時間順序を垂直方向の位置に置き換えることによって, 連続点滅光点の知覚と眼球運動との時間関係を主観的な判断を介さず明らかにした.

2. サッカド中の空間知覚特性

本章では, サッカドを利用した視覚情報提示手法について概要を述べ, サッカド中の光点知覚に関するこれまでの研究との関係について述べる.

2.1 サッカドを利用した視覚情報提示手法

SD においては, 観察者の眼球運動計測を行わずに, サッカドのターゲットとなる光点を点滅させることによって, 情報を提示する側でサッカド (最大運動速度 300~500 deg/s [4]) を誘発し, それに合わせて光点列を高速に明滅させて情報提示を行う [1]. そのため, 確実に情報提示を行うために光点列はサッカドの前後 100 ms 程度, 高速で明滅することになる.

また, 一般にサッカド中の知覚は抑制され, 知覚可能な解像度が下がる可能性が示唆されていたが, SD で提示するような空間周波数の高い刺激に対しては抑制が少ないという報告も存在し [5], 実際, 背景輝度が低く, 刺激の背景に対するコントラストが十分確保できる場合, 視力解像度の低下がほとんど生じないことを確認している [1]. そして, 藤田らの研究によっても, サッカド中に文字などの情報が知覚可能であることが報告されている [6].

2.2 瞬間提示される光点の知覚

サッカド中の光点知覚特性を調べた研究として Honda による空間定位誤りの研究が存在する [7], [8]. 空間定位誤りとは, サッカド中に 1 点の光点が瞬間提示された場合, その位置はある傾向をもって誤定位されるという現象である. 図 2 は誤定位の大きさを縦軸に, 時間 [ms] を横軸にとったイメージ図である. 実線が眼球位置, 点線が定位誤りの大きさの時間変化を結んだものである. 一般に, 光点がサッカド前に提示されるとサッカドと同方向に誤定位され, サッカド中は誤定位の位置が徐々に変化し, サッカド終了後にはサッカドと逆方向に誤定位される. サッカドの開始, 終了時刻付近で定位誤りの絶対値は最大となる. この現象は一般に眼球運動指令情報と網膜情報の相殺説によって説明される [8].

2.3 連続点滅光点の知覚

Hershberger は, サッカド中に一つの光点を

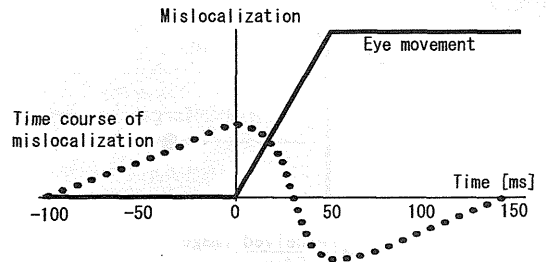


図 2 サッカド前中後における空間定位誤りの時間変化
Fig. 2 Time course of mislocalization before, during and after a saccade.

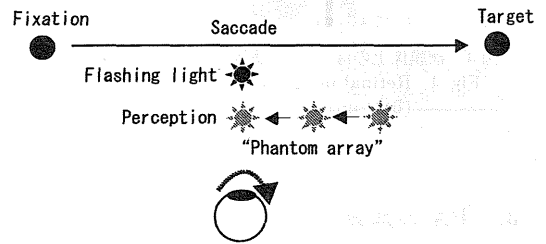


図 3 知覚される Phantom Array
Fig. 3 Perception of Phantom Array.

120 Hz で連続点滅させた場合, 図 3 のような Phantom Array (以下 PA) と呼ばれるサッカドと逆方向に順に現れる点線が知覚されると報告している [9]. PA は光点を瞬間ではなく, 連続点滅させた場合に知覚される光点軌跡であるが, もし, 連続点滅する光点の知覚軌跡が図 2 のような瞬間提示される光点の知覚軌跡の時間変化を結んだものに沿っているとしたら, PA はサッカドの前後にサッカドと同方向に移動しているはずである. しかし, これまでの実験, 及び Hershberger らの研究においてもそのような主観的知覚は報告されていない [9], [10].

2.4 SD によって知覚される像の特徴

SD によって知覚される像は眼球運動によって網膜上に描かれた像とその大きさ, 位置等が異なる. 具体的には, 10 deg のサッカドで知覚される像は, 図 4 上のような網膜上に映った 10 deg の像とは異なり, 図 4 下にあるような 5 deg 程度の網膜像の約半分の大さの像である (図のように光点列をまたぐように知覚されることもある). Hershberger らも知覚される PA の大きさは眼球運動の約半分と報告しており [10], SD によって知覚される 2 次元イメージは基本的には PA を垂直に並べたものと同等と考えられる.

表2 知覚された光点軌跡の始点・終点と計測されたサッカードの開始・終了との時間差, 始点・終点の眼球運動速度, 知覚された光点軌跡の位置と幅, 振幅に対する割合

Table 2 Time gap of perceived images and measured saccades, eye movement velocity, position, width of the perceived light locus and ratio to amplitude.

	Y.I.	Y.A.	R.T.	J.W.
時間差 [ms]				
8-始点	8.0 (5.8)	13.8 (7.2)	8.5 (3.5)	9.7 (6.4)
8-終点	-1.1 (3.8)	-0.5 (6.3)	0.6 (5.0)	1.4 (3.0)
12-始点	10.0 (2.1)	6.0 (3.9)	12.1 (5.9)	11.8 (6.2)
12-終点	-2.8 (4.8)	0.9 (6.1)	-2.2 (7.3)	6.5 (7.3)
眼球速度 [deg/s]				
8-始点	162.9 (62.1)	249.2 (130.0)	155.5 (71.1)	168.3 (63.4)
8-終点	71.1 (53.1)	41.1 (62.4)	-1.4 (103.1)	20.3 (209.7)
12-始点	226.9 (73.4)	159.3 (64.8)	226.9 (104.8)	136.6 (84.6)
12-終点	94.50 (51.5)	56.62 (59.4)	46.6 (7.2)	88.2 (95.4)
始点, 終点位置 [deg]				
8-始点	3.15 (0.36)	4.35 (0.73)	2.69 (0.21)	4.07 (0.96)
8-終点	-1.68 (0.34)	-0.57 (0.50)	-1.28 (0.36)	-0.76 (0.66)
12-始点	4.92 (0.50)	6.52 (0.96)	3.23 (0.81)	4.35 (0.74)
12-終点	-1.07 (0.50)	-0.77 (0.44)	-1.85 (0.43)	-2.48 (0.81)
知覚された幅 [deg]				
8 deg	4.83	4.92	3.97	4.83
割合	0.63	0.63	0.56	0.60
12 deg	5.99	7.29	5.08	6.63
割合	0.61	0.71	0.57	0.61

表3 ポインティングの誤差
Table 3 Error of pointing.

	Y.I.	Y.A.	R.T.	J.W.
視野角 [deg]				
始点	0.01 (0.13)	0.07 (0.30)	-0.11 (0.42)	-0.36 (0.34)
終点	0.02 (0.21)	0.12 (0.23)	-0.49 (0.46)	-0.30 (0.29)
時間 [ms]				
始点	0.1 (1.2)	-0.7 (2.9)	1.1 (4.0)	3.5 (3.3)
終点	-0.2 (2.0)	-1.2 (2.2)	4.7 (4.4)	2.9 (2.8)

はサッカード開始と始点の知覚の時間差である。

また, 上記の時間差がレーザーポインタのポインティング誤差によるものでないことを確かめるために, 知覚された位置とレーザーポインタによって指し示す位置の誤差を計測した. 光点列と同じ輝度のLEDを8degのサッカードにおいて実際に知覚される光点軌跡と同じ形状(図6左の形状), 同じ大きさ(全体の高さ12.8deg, 始点・終点間の水平距離5deg, 垂直距離4deg)に並べ, 1点当り2msずつ, 上から順に点減させた. 被験者には, 眼球を動かさずにその始点・終点を指し示してもらった. 実際に光った始点・終点を指し示した位置の誤差の平均を表3に示す. 括弧内は標準偏差である. 第1項目は, ずれを視野角で表したものであり, 上方向を正とした. 第2項目はその視野角のずれを実験の時間差に変換したものである. つまり表2の第1項目と表3の第2項目を加えた値が実際に知覚された始点・終点と眼球運動との時間差ということになる. この補正を行っても, 8degにおいて4人の被験者の平均の時間差は始点でサッカードの11.3ms後, 終点でサッカード終了1.6ms後である.

表2の第2項目は始点・終点を指し示した時刻の眼球運動速度である. 始点の知覚はサッカード開始約10ms後のなので150~250deg/sの眼球運動速度である. 一方, 終点の知覚はサッカード終了とほぼ同時で, 100deg/sを超えるデータは存在していない.

第3項目は指し示した始点・終点の位置である. 位置は, サッカード方向を正とし, 視野角で表した. 第4項目は, 始点・終点の横方向の距離, つまり知覚される光点軌跡の横幅と, サッカードの振幅に対する知覚された光点軌跡の横幅の割合である. Y.A.の12degの試行を除いて, サッカード幅の6割程度の大きさであった. ただし, サッカードの振幅は始点・終点実験を合わせた平均を利用した.

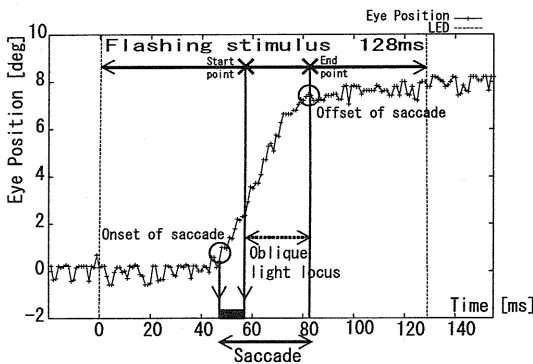


図7 眼球運動の時間変化と光点列の点灯タイミング
縦軸: 眼球位置 [deg], 横軸: 時間 [ms]

Fig. 7 Time course of eye position and light stimulus.

3.6 光点列の位置による違い

瞬間提示される光点の定位誤りは、背景がある場合、光点刺激の位置によってその時間軌跡が変化する [12]. また、Ross らによって調べられた等輝度刺激によるサッカード中の空間知覚特性は、サッカードのターゲット位置を境に水平方向に逆転した時間変化を示している [13]. このように、サッカード中の空間知覚においては、提示される刺激の位置によってその知覚特性が変化する可能性がある。そのため、刺激を提示する光点列の位置を変化させ、知覚される PA と眼球運動との時間関係を調べた。実験手順、装置、LED の発光タイミングは同じであるが、128 ms 点灯する光点列 S の位置を 0 deg ではなく、-8, -4, 4, 8 deg のいずれかに配置して、知覚された光点軌跡の始点・終点と眼球運動の時間関係を調べた。

被験者は光点列を 0 deg に設置した実験に参加した被験者 Y.I., Y.A. の 2 名である。どの場所においても図 6 左のようなシグモイド関数形状の光点軌跡が知覚され、その移動方向も同じであった。本実験においては、光点列は背景と輝度差があり、サッカード後に手掛りとなる刺激を提示していないので、Ross らが報告したような知覚方向の逆転現象は起きていない [14]. 試行数は各位置において、始点・終点それぞれ別に 20 試行であった。2 名の実験結果を表 4 に示す。表の値は各項目の平均値である。第 1 項目は計測されたサッカードの開始・終了と知覚された始点・終点の時間差である。始点における時間差は、Y.I. は 7.7~16.8 ms の範囲、Y.A. は 5.5~13.8 ms の範囲であった。終点においては、Y.I. は -6.0~4.1 ms の範囲、Y.A. は -6.5~-0.5 ms の範囲の時間差であり、始点ではサッカードのやや後、終点ではサッカードの終了とほぼ同時という 0 deg に光点列を設置した場合と同様の傾向を 2 名とも示した。このように、本実験条件下では知覚される PA と眼球運動の時間関係は光点列の位置によって変化しないことがわかった。

第 2 項目は知覚された始点・終点の位置であり、光点列の位置を基準にしてサッカード方向を正とし、値を視野角で表した。第 3 項目は知覚された横幅と振幅に対する割合である。知覚された位置は、Y.I. のデータでは位置によってやや変化が見られ、光点列がサッカード方向に設置されるほど終点の位置がサッカード方向に移動し、全体の幅がやや小さくなっている。Y.A. のデータでは知覚される光点軌跡の位置、大きさともに光点列の位置による変化は見られなかった。

表 4 光点列の位置を変化させた場合、知覚された光点軌跡の始点・終点と計測されたサッカードの開始・終了との時間差、始点・終点の位置、知覚された幅と振幅に対する割合: Y.I. のデータ (上), Y.A. のデータ (下)

Table 4 Time gap of a perceived image and a measured saccades, position and width of the perceived light trace and ratio to amplitude: Data of Y.I. (above), Y.A. (below).

Y.I. のデータ		-8 deg	-4 deg	0 deg	4 deg	8 deg
時間差 [ms]						
始点		12.2	7.7	8.0	16.8	10.5
終点		-6.0	-1.9	-1.1	4.1	-2.4
始点・終点位置 [deg]						
始点		2.34	3.36	3.15	2.84	2.79
終点		-2.40	-1.45	-1.32	-1.07	-0.61
知覚された幅 [deg]		4.75	4.81	4.47	3.91	3.40
割合		0.58	0.60	0.59	0.50	0.50
Y.A. のデータ						
		-8 deg	-4 deg	0 deg	4 deg	8 deg
時間差 [ms]						
始点		12.0	5.5	13.8	11.4	8.9
終点		-2.0	-6.5	-0.5	-2.4	-2.3
始点・終点位置 [deg]						
始点		5.45	5.63	4.35	5.89	7.20
終点		0.99	1.57	-0.57	0.36	1.89
知覚された幅 [deg]		4.46	5.06	5.53	4.92	5.31
割合		0.62	0.64	0.63	0.67	0.64

また、一般に PA の知覚は個人差が大きいといわれているが [15], 光点列の位置を変えた場合の横方向の位置については個人間に違いが見られたが、本実験で扱った時間軸方向については個人間に特に大きな違いは見られなかった。

3.7 光点列の点灯時間を長くした場合

Honda の研究では、サッカードの前約 100 ms から誤定位が始まり、サッカード後約 100 ms 経っても誤定位が生じている [7]. このように、1 点を瞬間定位した場合の誤定位はサッカード前中後約 250 ms にわたっている。一方、本実験で光点列が点滅しているのは、サッカード前約 40 ms からサッカード後約 40 ms までの 128 ms の間であり、空間定位誤りが生じている時間幅に比べて光点列が点滅している時間幅が少ない。そのため、空間定位誤りが生じている時間をすべて含めて連続点滅光点の知覚特性について議論することは難しい。そこで、サッカードの視標が点灯した直後から各光点 4 ms ずつ 256 ms にわたって光点列 S を 1 点ずつ上から点灯させた場合、どのような光点軌跡が知覚されるか調べた。その結果は、128 ms 点灯させた場合と同じ図 6 左のような、シグモイド関数形状の光点軌跡が知覚された。ただし、1 点の点灯時間が長くなっ

ているため、斜め線の傾きは水平に近くなっていた。

3.8 サッカードの種類による差異

本実験においては、安定した実験条件を得るために潜時が時間的に安定したエクスプレッスサッカードを誘発した。しかし、サッカード視標の光るタイミングによってサッカードの振幅、最高速度、持続時間等の動特性が変化することが知られている [16]。そこで、視標の点灯するタイミングを、注視点消灯後、0, 50, 100, 150 ms と変化させて光点列を観察したが、知覚される光点軌跡の形状に変化はなかった。

4. 考 察

本実験では、サッカード前中後にわたって光点刺激を垂直方向に光らせ、被験者に知覚される光点軌跡の始点・終点を報告してもらった。その結果、知覚された光点軌跡は、サッカード開始とともにサッカードと逆方向に曲がり始め、サッカード終了とともに垂直方向に戻るものであった。3.3 の予備実験と合わせて考えると、垂直方向に光らせた光点刺激が曲がり始める時刻が PA の生じ始める時刻であり、垂直に戻る時刻が PA の広がり終了する時刻である。つまり、相殺説から予測される時間変化とは異なり、サッカード中のみ PA の知覚は生じていることになる（この結果は、サッカード前から 1 点を連続点滅させた大石らの実験結果とも一致する [2]）。

PA の移動方向に関して、本実験ではサッカードと逆方向に曲がる光点軌跡が知覚された。これは Hershberger らの報告と一致するものであるが [10]、大石らの実験では、PA はサッカードと同方向に移動しているという主観的報告がなされている [2]。確かに、Hershberger らの実験においても約 1 割の被験者はサッカードと同方向に光点の移動を知覚している [10]。しかし、もし、PA がサッカードと同方向に移動しているならば、本実験のように垂直方向に光点を移動させた場合、サッカードと同方向に曲がる光点軌跡が知覚されるはずである。しかし、本実験においてそのような報告は得られていない。知覚される主観的な移動方向と実際の眼球運動との時間関係は必ずしも一致するものではないと考えられ、大石らの実験における PA の右端は時間的に最後に知覚された光点ではなく、PA が広がり始める最初の光点と考えると、本実験の結果と一致する。また、この知覚される移動方向の差異の原因として、大石らの実験においては注視点、視標が常に点灯していることや、連続点滅光点がサッカード

の 2s 以上前から点灯していること、注意のコントロールがあること等が挙げられる [3]。

本実験において知覚された光点軌跡の形状はシグモイド関数形状であり、サッカード前後は垂直な光点軌跡が知覚されている。これは、連続点滅する光点の知覚においては、直前に光った光点が網膜上に定位の手掛りとして存在するため、眼球が静止しているサッカード前後は網膜上の相対位置情報によって定位しているものと考えられる [17]。また、観察された光点軌跡の始点はサッカード方向に、終点はサッカードと逆方向にずれて知覚されている。このような知覚が生じるメカニズムとして、網膜情報が急速に変化するサッカード中は眼球位置情報を参照しながら相殺説に基づく絶対的な空間定位を行い、それを基準にしてサッカード前後の光点位置を相対的位置関係によって再構成しているとするメカニズムや、サッカード中の水平方向の速度知覚は抑制され、網膜上の水平方向の移動よりも小さな像が知覚され [18]、それがひとまとまりのイメージとして定位されているメカニズム等が考えられる [19]。

本実験においては、知覚された光点軌跡の始点がサッカード開始から約 10ms 遅れたが、その原因として、空間定位メカニズムがすぐに切り換えられないため、網膜上の情報はサッカードと反対方向に、相殺説に基づく定位ではサッカードと同方向に誤って定位され、それらが切替時にキャンセルされたというメカニズムによる原因や、サッカード後に行う速度知覚はサッカードと逆方向に促進されるという報告 [20] と同様にサッカード中の垂直方向の速度知覚自体が影響を受けたという原因が考えられる。

5. む す び

本論文では、Hershberger らの実験では明らかにされなかった、サッカード前中後にわたって提示される連続点滅光点の知覚軌跡と眼球運動の時間関係を、光点刺激を垂直に光らせることによって明らかにした。

また、本実験から SD において情報提示可能な時間は、サッカードの持続時間よりやや少ない時間ということがわかった。2次元イメージの広がる方向はサッカードと逆方向で、情報提示可能な横方向の大きさはサッカードの振幅の約 6割であった。

謝辞 本研究において、東京大学の今井睦朗氏、関西学院大学の則武厚氏より有用な助言を頂きました。ここに感謝致します。

文 献

- [1] 渡邊淳司, 前田太郎, 館 暉, “サッカーを利用した新しい情報提示手法の提案,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.6, no.2, pp.79-87, 2001.
- [2] 大石慎太郎, 海老澤嘉伸, “意識的サッカーに伴う連続点滅刺激の定位の注意方向依存性,” 映情学誌, vol.56, no.11, pp.1825-1829, 2002.
- [3] S.A. McFadden, A. Khan, and J. Wallman, “Gain adaptation of exogenous shifts of visual attention,” *Vision Research*, vol.42, pp.2709-2726, 2002.
- [4] 大山 正, 今井省吾, 和氣典二, 新編 感覚・知覚 心理学ハンドブック, 誠信書房, 1993.
- [5] D.C. Burr, M.C. Morrone, and J. Ross, “Selective suppression of the magnocellular visual pathway during saccadic eye movements,” *Nature*, vol.371, pp.511-513, 1994.
- [6] 藤田昌彦, 雨海明博, “眼球運動中のアイコニック・メモリの性質 (1),” 信学技報, NC2000-41, 2000.
- [7] H. Honda, “Eye movements to a visual stimulus flashed before, during, or after a saccade,” *Attention and Performance*, vol.13, pp.567-582, 1990.
- [8] 本田仁視, 眼球運動と空間定位, 風間書房, 1994.
- [9] W.A. Hershberger, “Saccadic eye movements and the perception of visual direction,” *Perception and Psychophysics*, vol.41, no.1, pp.35-44, 1987.
- [10] W.A. Hershberger, J.S. Jordan, and D.R. Lucas, “Visualization the perisaccadic shift of spatiotopic coordinates,” *Perception and Psychophysics*, vol.60, no.1, pp.82-88, 1998.
- [11] B. Fischer and E. Ramsperger, “Human express saccades: Extremely short reaction times of goal directed eye movements,” *Experimental Brain Research*, vol.57, pp.191-195, 1984.
- [12] H. Honda, “Saccade-contingent displacement of the apparent position of visual stimuli flashed on a dimly illuminated structured background,” *Vision Research*, vol.33, no.5, pp.709-716, 1993.
- [13] J. Ross, M.C. Morrone, and D.C. Burr, “Compression of visual space before saccades,” *Nature*, vol.386, pp.598-601, 1997.
- [14] M. Lappe, H. Awater, and B. Krekelberg, “Postsaccadic visual references generate presaccadic compression of space,” *Nature*, vol.403, pp.892-895, 2000.
- [15] W.A. Hershberger and J.S. Jordan, “Visual direction constancy: Perceiving the visual direction of perisaccadic flashes,” in *The Role of Eye Movements in Perceptual Processes*, ed. E. Chekaluk and K.R. Llewellyn, pp.1-43, Elsevier, Amsterdam, 1992.
- [16] 青木美奈, 藤田昌彦, “走査サッカーと記憶誘導性サッカーの適応の転移について,” 信学論 (D-II), vol.J82-D-II, no.1, pp.91-99, Jan. 1999.
- [17] H. Sogo and N. Osaka, “Perception of relation of stimuli locations successively flashed before saccade,” *Vision Research*, vol.41, pp.935-942, 2001.
- [18] H.E. Bedell and J. Yang, “The attenuation of perceived image smear during saccades,” *Vision Research*, vol.41, pp.521-528, 2001.
- [19] K. Matsumiya and K. Uchikawa, “Apparent size of an object remains uncompressed during presaccadic compression of visual space,” *Vision Research*, vol.41, pp.3039-3050, 2001.
- [20] J. Park, J. Lee, and C. Lee, “Non-veridical visual motion perception immediately after saccades,” *Vision Research*, vol.41, pp.3751-3761, 2001.

(平成 15 年 2 月 17 日 受付, 4 月 24 日 再受付)

渡邊 淳司



平 12 東大・工・計数工卒。平 14 同大学院修士課程了。現在、同大学院情報理工学系研究科博士課程。眼球運動を利用したディスプレイ及び眼球運動中の視覚特性の研究を行う。日本バーチャルリアリティ学会, 視覚学会, 映像情報メディア学会, ヒューマンインターフェイス学会各会員。日本バーチャルリアリティ学会論文賞受賞 (平 13), 学術奨励賞受賞 (平 14)。

前田 太郎 (正員)



昭 62 東大・工・計数工卒。工博。昭 62 通産省工業技術院機械技術研究所。平 4 東大先端科学技術研究センター助手, 平 6 同大学院・工助手, 平 9 同大学院・工講師, 平 12 同大学院情報学環講師。人間の知覚特性・神経回路のモデル化, テレレジスタンスの研究に従事。計測自動制御学会論文賞, 学術奨励賞, 日本ロボット学会技術賞受賞。

館 暉 (正員)



昭 43 東大・工・計数卒。昭 48 同大学院博士課程了。工博。同年同大助手。昭 50 通産省工技院機械技術研究員, マサチューセッツ工科大学客員研究員を経て, 平元東大先端科学技術研究センター助教授。平 4 同センター教授。平 6 同大学院・工・計数工教授。平 13 同大学院・情報理工・システム情学専攻教授。テレレジスタンス, 人工現実感の研究に従事。IEEE/EMBS 学会賞, 通産大臣賞, 国際計測連合特別助功賞など受賞。IMEKO ロボティクス会議議長, SICE フェロー, 日本バーチャルリアリティ学会前会長。